

622.24
К 14

КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ В БУРЕНИИ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ
В. С. ФЕДОРОВА



ОИТИ — НКТП — СССР
ГРОЗНЫЙ — МОСКВА
1936

622.24 671-21

К 64

Контрольно-измерительные приборы в бурении

Под общей редакцией
В. С. Федорова

~~Читальный зал
«Цветметзолото»
ИНВ. № 5873~~

БИБЛИОТЕКА
КИНЦВЕТМЕТ
ИНВ. № 46352

1955

~~Т. ЧЕКА
Б. С. ФЕДОРОВА
ИНВ. № 54488~~

68982

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Электро-измерительные приборы (К. А. Чефранов)	5
Измерительные трансформаторы	14
Амперметры	19
Вольтметры	21
Счетчики киловатт-часов	22
Регистрирующие киловаттметры	27
Реле защиты бурильного инструмента	36
Индикаторы веса (А. А. Стригоцкий)	42
Индикатор фирмы «Дриллометр»	51
Индикатор фирмы «Мартин Деккер»	56
Германский индикатор веса	59
Индикатор ВОТИ	63
Квинтуплекс	66
Приборы для определения искривления скважин (А. Н. Шаньгин)	68
Бросовый аппарат	—
Аппарат системы Шахназарова	74
Аппарат фирмы «Джонсон»	81
Гирскопические аппараты (А. Г. Бабуков, В. И. Щуров)	93
Измерительные приборы для глинистого раствора	108
Приборы для определения качества глинистого раствора (А. Н. Шаньгин)	—
Приборы для замера расхода глинистого раствора (В. С. Федоров)	118
Прочие контрольно-измерительные приборы	121
Приборы для испытания цемента (Е. К. Мачинский)	—
Счетчики оборотов (В. С. Федоров)	124
Манометры (В. С. Федоров)	126
Приборы для испытания твердости металлов (В. С. Федоров)	128
Измерительные приборы (В. С. Федоров)	136

АННОТАЦИЯ

Книга „Контрольно-измерительные приборы в бурении“, написанная группой специалистов под редакцией и общим руководством **В. С. Федорова**, доцента Грозненского нефтяного института, представляет большой интерес, и не только для производственников, но и для студентов вузов и преподавателей. С таким содержанием книга выходит вообще впервые.

Хотя с момента постановления ЦК партии о широком внедрении контрольно-измерительной аппаратуры в глубоком бурении прошло несколько лет, все же руководства по этому вопросу совершенно отсутствуют. Аннотируемая книга восполняет указанный пробел.

Книга содержит следующие главы:

1. **Электро-измерительные приборы.** Описаны **К. А. Чефрановым**, ст. инженером Ростовского ВЭТ. Автор в сжатой форме излагает принципы, на которых следует базироваться при выборе мощности прибора, дает описание приборов (вольтметры, амперметры, киловаттметры, счетчики, максимальные реле, реле времени и пр.), краткую теорию их работы, методику интерпретации картограмм и т. п.

2. **Приборы для замера кривизны скважин** — описаны группой авторов (**А. Н. Шаньгин, А. Г. Бабуков, В. И. Щуров**). Авторы дают описание конструкций различных приборов, технику работы ими, пределы применимости отдельных приборов, интерпретацию полученных результатов.

3. **Приборы для контроля качеств глинистого раствора** — описаны **А. Н. Шаньгиным**, инженером ПТО Грознефти.

4. **Индикаторы веса** — описаны старшим научным сотрудником ГрозНИИ **А. А. Стригоцким**. В последнее время ВОТИ начал выпускать отечественные индикаторы веса; кроме того, получено значительное количество т. н. германских индикаторов. Автором охвачены описанием все индикаторы, применяемые в бурении.

Кроме того, в книге даются описания и указания к практическому использованию следующих приборов:

- 5) **манометры,**
- 6) **приборы для контроля за подачей насоса,**
- 7) **тахометры,**
- 8) **приборы для контроля качеств тампонажного цемента и цементного раствора,**
- 9) **приборы для замера твердости металла** (только те приборы, которые применяются на промыслах),
- 10) **резьбомеры, универсальный угломер** и проч.

В книге охвачены только те приборы, которые применяются при глубоком бурении на нефть.

Книга рассчитана на инженерно-технический персонал, хозяйственников и бригадиров.

Среди различного рода неполадок в бурении, тормозящих увеличение скоростей проходки, наибольшим злом являются очень большая аварийность и искривление скважин. Еще часты случаи прихвата инструмента. Сплошь и рядом грязевые насосы, рассчитанные на подачу до 27 л/сек., большую часть времени работают с подачей 10—12—14 л/сек.

Все это в значительной степени можно объяснить тем, что работа в буровых ведется с недостаточным контролем. Вряд ли можно найти такую буровую, в которой бы одновременно контролировались давление на долото и потребляемая мощность на бурение, систематически замерялась кривизна, проверялись качества глинистого раствора, замерялись подача насоса, манометрическое давление и т. д. Зато можно найти такие буровые, в которых ни одна из перечисленных величин не контролируется.

Нет сомнений, что передовые бригады, овладевшие стахановскими методами работы, давшие скорости проходки свыше 2500 м на станко-месяц, не могли бы достигнуть таких результатов при бесконтрольной работе.

ЦК партии в своем постановлении о работе нефтяной промышленности прямо указал, что догнать и перегнать Америку по скоростям проходки при тех глубинах, которые предстоит осваивать буровикам, можно только при широком внедрении контрольно-измерительной аппаратуры, при тщательном контроле всего процесса бурения. Нужно прямо сказать, что этого указания ЦК партии не выполняют ни заводы, призванные изготовлять измерительные приборы, ни промысла.

Первые не выпускают всего необходимого ассортимента приборов, а те приборы, которые выпускаются,—недостаточно высокого качества, в частности это относится к индикаторам веса, манометрам и т. д. Промысла же далеко не всегда правильно используют эти аппараты и крайне небрежно с ними обращаются.

В Грозненский научно-исследовательский институт, где происходит ремонт некоторых аппаратов, довольно часто аппараты поступают в таком виде, что признать в них измерительный прибор можно только при большом навыке.

Такое варварское отношение со стороны некоторых, наиболее отсталых бурильщиков по отношению к контрольно-измерительным приборам терпеть дальше нельзя.

Отсюда совершенно ясна необходимость углубления познаний контрольно-измерительных приборов и работы с ними. Эту задачу и ставит перед собой настоящая книга.

Известно, что контрольно-измерительные приборы, применяемые в бурении, могут быть условно разбиты на три категории:

- 1) приборы, обслуживаемые бурильщиками и рабочими;
- 2) приборы, обслуживаемые бригадирами;
- 3) приборы, обслуживаемые инженерно-техническим персоналом.

Каждая группа приборов описана с той степенью детальности, в которой нуждаются лица, обслуживающие эти приборы. Так, например, описания бросового аппарата для замера кривизны, воронки для замера относительной вязкости и т. д. сделаны с таким расчетом, чтобы они могли служить руководством не только для бригадира, но и для бурильщика.

Описание других,—как, например, аппараты, служащие для определения азимута искривления скважин, прибор для определения абсолютной вязкости и проч.,—рассчитано на инженерно-технический персонал.

Отдельные группы приборов описаны различными авторами, хорошо знающими эти приборы, специализировавшимися на работе с ними и обслуживании их. Это обстоятельство придает книге еще большую значимость.

Очевидно, в ближайшее время для замера азимута искривления скважин, в особенности при ориентированном бурении, будут применены аппараты с гирокомпасами.

В настоящей книге приводится описание одного из таких приборов. Описание сделано самими авторами этого прибора—гг. Бабуковым и Щуровым. Проект прибора, разработанный ими, был одобрен академиком Крыловым.

Выпускаемая книга является первой попыткой дать систематическое описание контрольно-измерительной аппаратуры, применяемой в бурении. Как первая работа, эта книга, очевидно, не лишена некоторых недостатков. Указания на эти недостатки будут приняты авторами с признательностью.

При составлении книги авторы использовали, помимо собственной практики, богатый промысловый опыт по применению измерительных приборов, экспериментальные данные Грозненского научно-исследовательского института, литературные данные, а так же данные каталогов.

В. С. Федоров.

Электроизмерительный прибор, как и всякий другой, будет работать тем точнее и показательней, чем ближе диапазон его шкалы к диапазону измеряемых величин в действительности.

Поэтому выбор мощности прибора должен быть обязательно увязан с теми величинами, которые будут измеряться.

Ниже приводится величина встречающихся нагрузок для различных случаев работы при проходке скважины и методы (приближенные) их подсчета. Приводимых ниже данных вполне достаточно для подбора шкалы прибора по данным буровой и ее механического и электрического оборудования. Следует отметить, что приводимые величины относятся исключительно к вращательному бурению.

ВЕЛИЧИНА НАГРУЗОК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЛУЧАЕВ РАБОТЫ НА БУРОВОЙ

А. Подъемные операции. Операции, связанные с подъемом грузов на буровой (свечи, трубы обсадной колонны и т. д.), отличаются наибольшими нагрузками во все время бурения скважины и поэтому должны являться мерилем максимальных величин, которые требуют замера.

Основной функциональной зависимостью, определяющей величину нагрузки при указанных операциях, будет:

$$N_{\text{кл}} = \frac{Qv}{102\eta}; \quad (1)$$

где $N_{\text{кл}}$ — мощность на клеммах мотора в киловаттах; Q — вес поднимаемого груза в кг; η — коэффициент полезного действия подъема, учитывающий все потери при подъеме (мотор, станок, трение инструмента о стенки скважины); 102 — коэффициент перевода кг/м в киловатты ($75 : 0,736 = 102$); v — скорость подъема груза в м/сек.

При учете веса поднимаемого груза следует иметь в виду, что подъем совершается в скважине, наполненной жидкостью; следовательно, вес будет несколько меньший, чем в воздухе.

Величина веса груза, погруженного в жидкость, может быть определена из следующих соотношений:

Объем тела:

$$V_0 = \frac{Q}{\gamma_{ст}}; \quad (2)$$

где $\gamma_{ст}$ — удельный вес тела, погруженного в жидкость. Следовательно, вес вытесненной телом жидкости:

$$Q_{ж} = \frac{Q\gamma_{ж}}{\gamma_{ст}} = \left[V_0\gamma_{ж} \right]; \quad (3)$$

где $\gamma_{ж}$ — удельный вес жидкости.

Вес тела, погруженного в жидкость:

$$Q' = Q - \frac{Q\gamma_{ж}}{\gamma_{ст}} \text{ кг}, \quad (4)$$

или окончательно:

$$Q' = Q \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{ст}} \right) \text{ кг}. \quad (5)$$

Практически для нормальных условий при $\gamma_{ж} = 1,15$ и $\gamma_{ст} = 7,85$, $\left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{ст}} \right) \cong 0,85$, то есть вес груза (инструмента) в скважине с жидкостью на 15% меньше, чем в воздухе.

Скорость подъема может быть определена по формуле:

$$v = \frac{\pi D n}{60 \cdot 2a} \text{ м/сек.}; \quad (6)$$

где D — диаметр барабана лебедки в м; n — число оборотов барабана в минуту; a — число роликов в талях.

Замеры скоростей подъема, произведенные непосредственно на буровых, показывают, что скорости колеблются в следующих пределах:

Для четырехскоростных станков: 1-я скорость — 0,15 — 0,05 м/сек.; 2-я — 0,24 — 0,13; 3-я — 0,54 — 0,26; 4-я — 0,82 — 0,48 м/сек.

Двух- и трехскоростные станки имеют следующие интервалы скоростей: 1-я скорость — 0,15 — 0,13 м/сек.; 2-я — 0,34 — 0,26, 3-я — 0,47 — 0,32 м/сек.

Следует отметить, что при расчете мощности на подъем по приведенным соотношениям, величина скорости должна быть определена точно, так как разница даже во втором десятичном знаке дает значительную ошибку в конечном результате.

Величины к. п. д. подъема η для соотношения (1) могут быть приняты в соответствии со значениями, приводимыми в табл. 1. Коэффициенты учитывают все потери, имеющие место при подъеме (потери электромотора, редуктора, станка, талей; трение инструмента о стенки скважины и т. д.), для различных станков и оснасток.

Результаты подсчета мощности по приведенным выше соотношениям могут несколько расходиться с действительными ве-

личинами, так как могут встретиться факторы, искажающие прямые зависимости: например, подъем глинистого раствора бурильными трубами, изменение уровня жидкости в скважине, усиление трения инструмента о стенки скважины и т. д. Как показывают соответствующие исследования, отклонения доходят до 3% от нормальной мощности.

Таблица 1*).

№№ пп	Конструкция станка	Конструкция талей		η
		Подшипн.	Оснастка	
1	4-скор. станок на ролик. подшипн.	Роликов.	4 × 5	0,64 — 0,69
2	Тоже	"	5 × 6	0,63 — 0,67
3	4-скор. станок на скользя. подшипн.	"	4 × 5	0,53 — 0,61
4	Тоже	"	5 × 6	0,52 — 0,61
5	Тоже	Скольз.	4 × 5	0,56 — 0,59
6	Тоже	"	5 × 6	0,54 — 0,57
7	2-3-скор. станки. на скользя. подш.	"	4 × 5	0,54 — 0,58

*) Работа ВЭТ — ГрозНИИ.

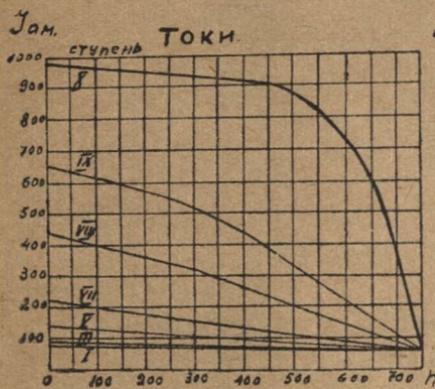
Б. Вспомогательные операции при подъеме и спуске инструмента и спуске обсадной колонны. Вспомогательные операции при подъеме и спуске, т. е. свинчивание и развинчивание свечей, их уборка, крепление, подъем пустых талей и т. д., отличаются незначительными нагрузками, не превосходящими 50—60 квт. Исключение составляет момент приподнимания свинченных свечей при спуске инструмента для освобождения элеватора. В это время можно наблюдать пиковые нагрузки, достигающие до $1,3—1,7 \frac{Qv}{102\eta}$ квт.

Спуск обсадной колонны так же, как и инструмента, характеризуется небольшими нагрузками вспомогательных операций, повышающимися только в момент приподнимания колонны для освобождения хомута. Пиковые значения могут быть определены по приведенному выше соотношению $\left(1,3—1,7 \frac{Qv}{102\eta} \text{ квт}\right)$.

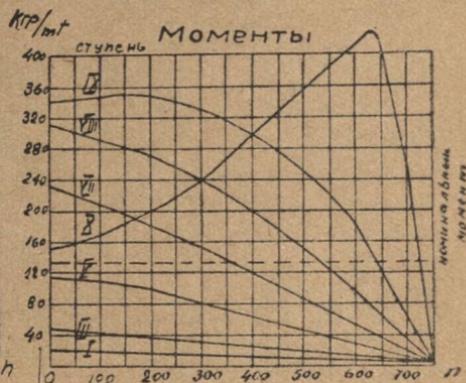
В. Работы по освобождению прихваченного инструмента и колонны. Наибольшие нагрузки, которые встречаются в процессе бурения скважины, относятся к моментам освобождения прихваченного инструмента при ловильных работах, когда требуется приложение максимального момента на валу мотора. В этом случае электромоторам приходится работать на пусковом режиме, близком, если не полностью отвечающем, условиям короткого замыкания, то есть, когда элек-

тормотор создает определенный момент на валу, не вращаясь. Вращаться он не может по причине сцепления с неподвижным телом (прихваченным инструментом).

График (фиг. 1-а и 1-б) для нормального бурового мотора завода ХЭМЗ ТБ-8/75 показывает, каких величин достигают при этом момент на валу мотора и пусковые токи, при пуске на различных ступенях контроллера (при различных сопротивлениях, введенных в цепь ротора). Как видно из графика, нагрузки, выраженные в амперах, достигают 670 А. Нормально работы по



Фиг. 1-а



Фиг. 1-б

освобождению проводятся на VII, VIII, IX ступенях, что соответствует токам 210, 450, 670 А при одномоторном приводе. При двухмоторном, если колонна не освобождается, значения токов суммарно могут возрастать вдвое.

Расхаживание колонны обсадных труб и освобождение ее в случае прихвата сопровождается такими же нагрузками. Правда, при расхаживании свободной обсадной колонны нагрузки будут иметь меньшее значение, поскольку работа производится на малых скоростях и при нормальном режиме мотора. Величина этой нагрузки может быть определена все из того же соотношения (1), приведенного выше, только коэффициент должен быть взят меньше, чем в табл. 1, поскольку колонна в скважине будет двигаться с большим трением, чем буровой инструмент. Отсутствие данных по величине к. п. д. подъема при обсадных колоннах не дает возможности привести точно цифры, и может быть только рекомендовано в этом случае принятие коэффициентов, равных от 0,5 до 0,7 от коэффициентов табл. 1.

Г. Бурение. Нагрузки, расходуемые при самом процессе бурения (N), могут быть представлены так:

$$N = P_x + P_{тр} + P_6 \text{ квт}; \quad (7)$$

где: P_x — мощность, расходуемая на вращение станка, ротора, холостые потери мотора и редуктора, в квт; $P_{тр}$ — мощность, затраченная на потери трения труб о стенки скважины, глинистый раствор, потери на упругую деформацию труб, в квт;